



סינתזה של ננו חלקיקי זהב פורוזיביים

השפעת פרמטרים שונים על הייצור של חלקיקי זהב ננו פורוזיביים באמצעות פאזה אוטקטית של זהב-כסף עם גרמניום

שיטות המחקר

	1. נידוף שכבות הזהב, הכסף והגרמניום
	2. חימום הדגמים ויצירת תערובת נוזלית
	3. תופעת אי-הרטבה
	4. תחילת תהליך התגבשות
	5. סיום תהליך התגבשות
	6. איכול כימי של כסף וגרמניום

	זהב		חד גביש של זהב
	כסף		מבנה למלרי של זהב-כסף וגרמניום
	גרמניום		זהב פורוזיבי
	תערובת נוזלית של זהב, כסף וגרמניום		מצע סיליקון

נידוף שכבות- ייצור החלקיקים מתרחש על גבי מצע סיליקון. באמצעות מכשיר נידוף, ניתן להניח על גבי המצע שכבות זהב, כסף וגרמניום. במהלך הנידוף, החומרים עוברים ממצב צבירה מוצק לגז ולאחר מכן מתגבשים בחזרה על גבי מצע הסיליקון.

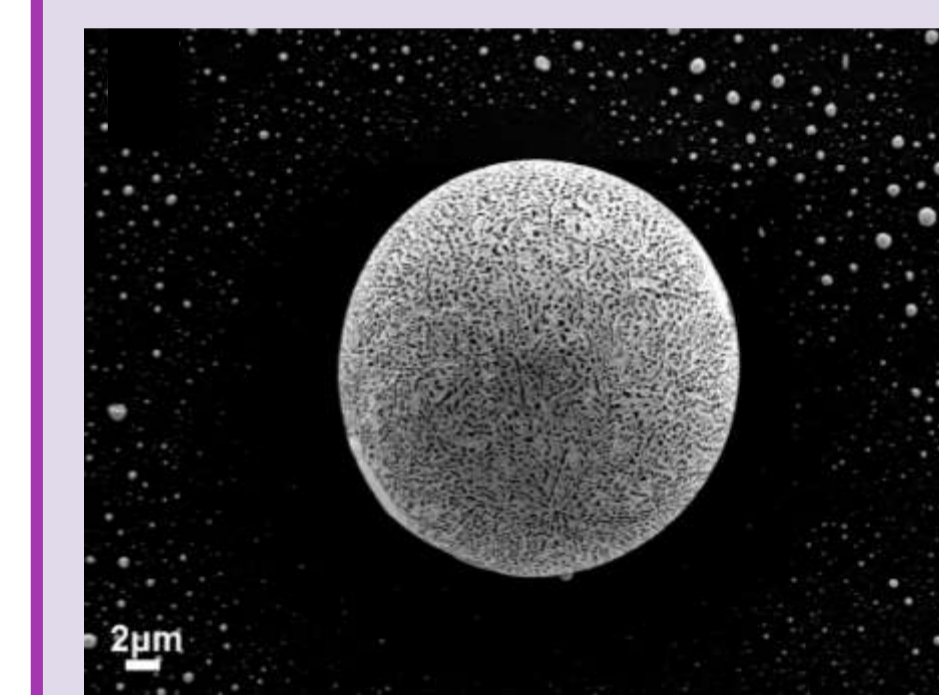
טיפול תרמי- הדגמים עוברים טיפול תרמי המתרחש במכשיר RTA (rapid thermal annealing) וכולל שני שלבים:
 1. חימום ויצירת תערובת נוזלית של החומרים.
 2. קירור והתגבשות של התערובת.

במהלך הטיפול התרמי מוזרם אל המכשיר forming gas, ובמקביל ישנה אפשרות להפעיל מערכת ואקום ששוואבת את הגז החוצה.

איכול כימי- על מנת לסלק את הגרמניום והכסף מהחלקיקים נעשה שימוש בתהליך המכונה איכול כימי, שבמהלכו החלקיקים נחשפים לחומר מסוים שמגיב באופן סלקטיבי עם אחד המרכיבים. הכסף מאוכל על ידי תמיסת חומצה חנקתית והגרמניום מאוכל על ידי תמיסת פיראנה בסיסית.

מבוא

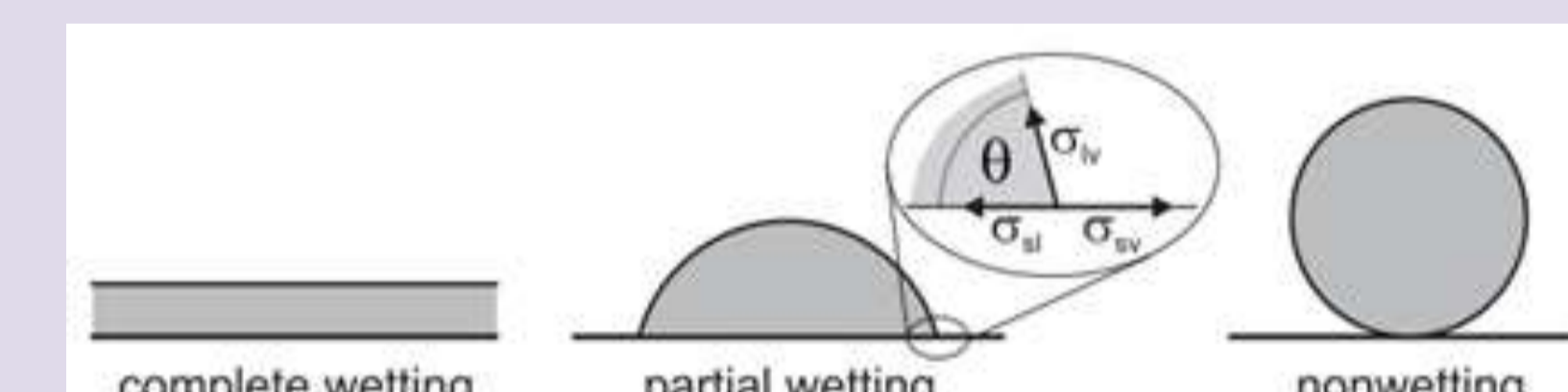
קטליזה היא תהליך של שפעול תגובות כימיות באמצעות חומר שאינו משתתף בתגובה הנקרא זרז. ללא זרזים, תגובות רבות בתעשייה הכימית היו מצריכות בזבז של אנרגיה ומשאבים יקרים. בקטליזה הטרוגנית, הזרז נמצא במצב צבירה שונה מזה של המגיבים. היות והקטליזה מתרחשת על גבי שטח הפנים של הזרז, ככל שהיחס בין שטח הפנים שלו לנפחו גדול יותר, כך מתרחשות יותר תגובות קטליטיות.



ננו חלקיקי זהב פורוזיביים (איור 1) הינם מבנים שימושיים במחקר ובתעשייה כיום. החלקיקים הללו משמשים כזרזים יעילים מאוד, וזאת הודות לתכונות הייחודיות שלהם כגון שטח פנים גדול לנפח, יציבות תרמית ועמידות בפני קורוזיה.

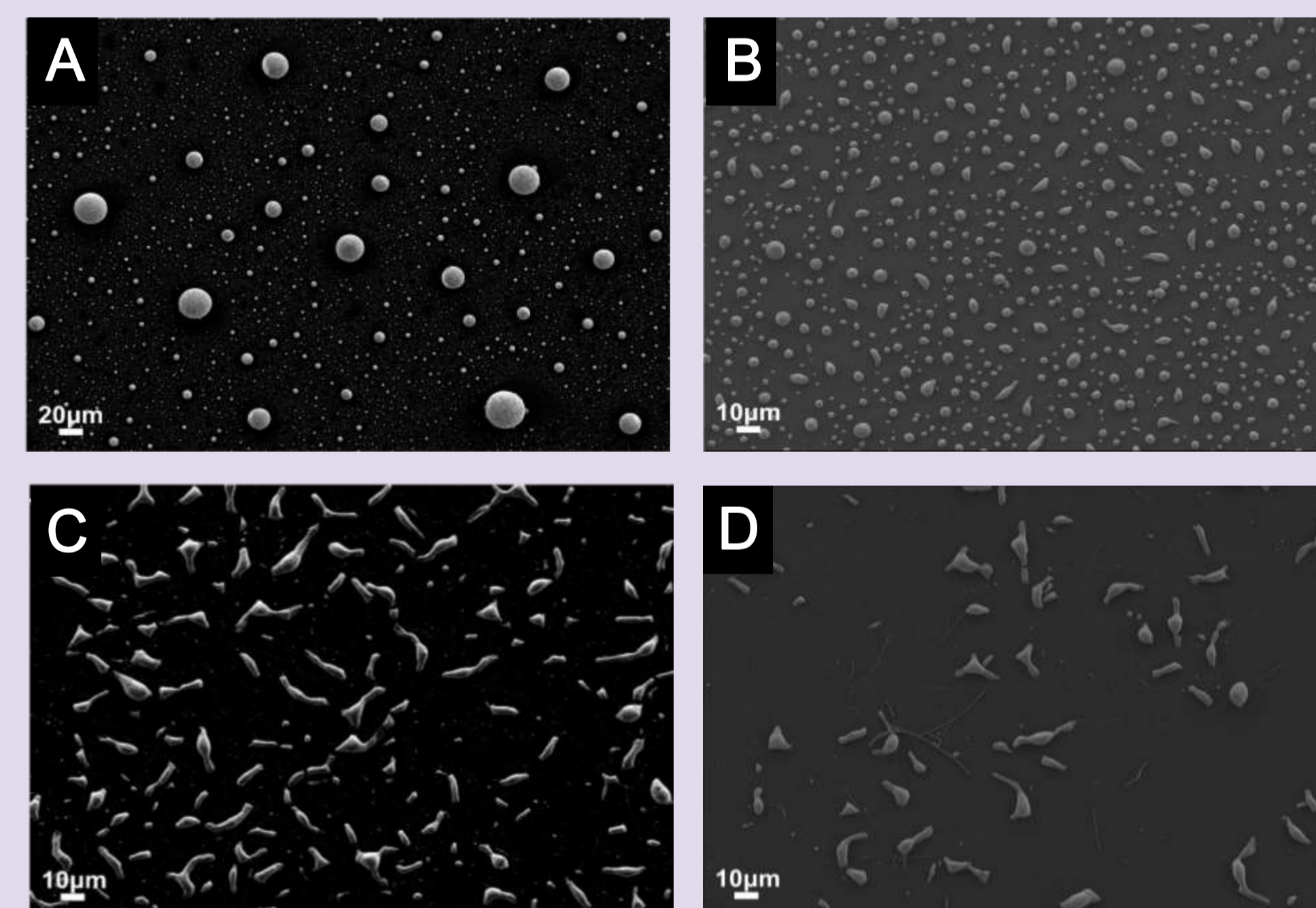
במעבדת פוקרוי בטכניון פותחה שיטה חדשנית לייצור החלקיקים הללו על ידי שימוש בתערובת אוטקטית של זהב וגרמניום. **תערובת אוטקטית** היא תערובת אשר טמפרטורת ההיתוך שלה נמוכה מטמפרטורות ההיתוך של החומרים המרכיבים אותה. בריכוז מסוים, המכונה הריכוז האוטקטי, התערובת עוברת ישירות מהפאזה הנוזלית לפאזה המוצקה ומתגבשת בחלקיקים כדוריים בעלי מבנה למלרי (שכבתי).

הצורה הכדורית של החלקיקים מתקבלת על ידי תופעת **אי-הרטבה** (איור 2), אשר במהלכה התערובת מצמצמת את שטח המגע עם המשטח ומסתדרת בטיפות כדוריות. לאחר שהטיפות מתגבשות מתבצע איכול כימי של גרמניום ונותרים חלקיקי זהב פורוזיביים.



איור 2- מידות הרטבה של נוזלים
 Jacobs, K., Seemann, R. & Herminghaus, S. Stability and Dewetting of Thin Liquid Films. 243–265 (2008)

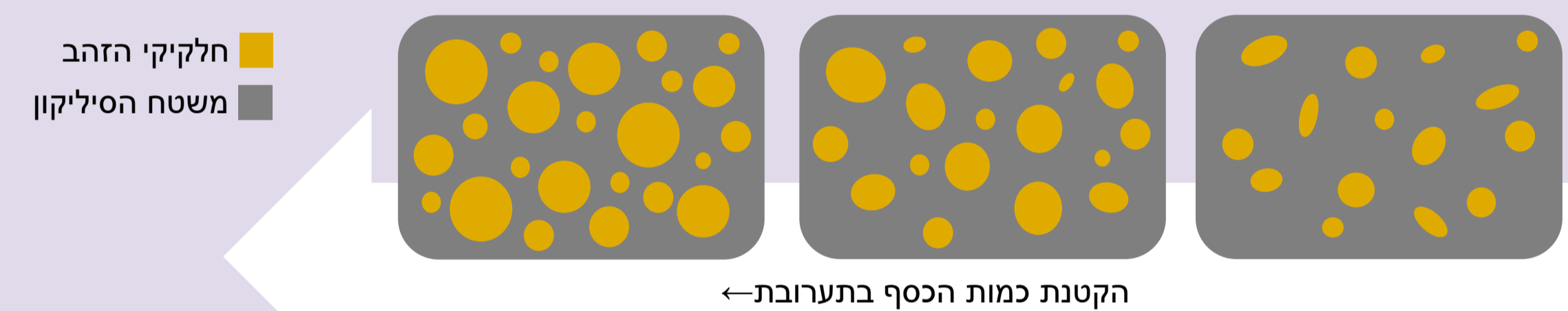
תוצאות



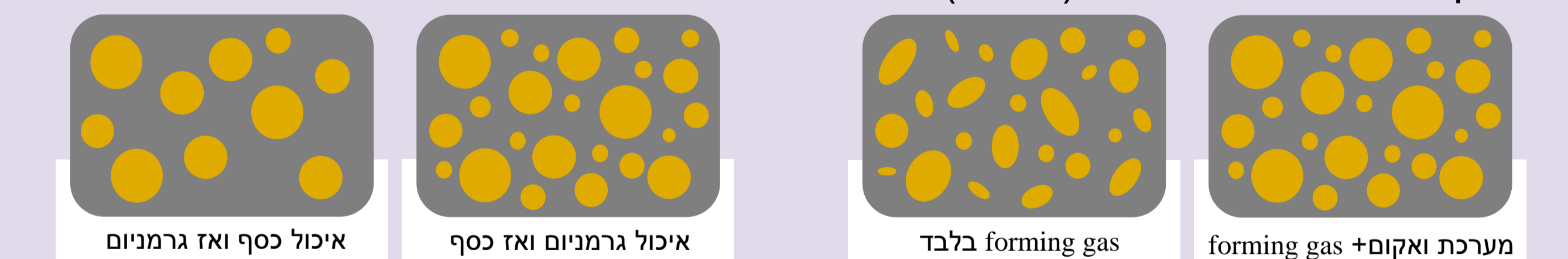
איור 4- תצלומים של דגמים נבחרים שצולמו באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק. באיור 4 מופיעים תצלומים של דגמים נבחרים שצולמו באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק. במהלך תהליך הייצור, הפרמטרים הנבדקים שונים מדגם לדגם, כך שיהיה ניתן להשוות בין התמונות של הדגמים הסופיים ולבדוק כיצד השינוי של פרמטר מסוים השפיע על המורפולוגיה של החלקיקים.

מסקנות

1. ככל שכמות הכסף בתערובת קטנה יותר, כך החלקיקים גדולים יותר, כדוריים יותר וישנה כמות רבה יותר של חלקיקים על גבי המשטח (איור 5).



איור 5- השפעת כמות הכסף בתערובת על מורפולוגיה החלקיקים.
 2. תנאי הסביבה האידיאליים לטיפול התרמי הם בסביבת forming gas ותחת פעילותה של משאבת ואקום כיוון שבסביבה זו החלקיקים המתקבלים הם כדוריים יותר (איור 6).
 3. רצוי לאכל קודם את הגרמניום ואז את הכסף כיוון שבאופן זה נותרים יותר חלקיקים על גבי המשטח (איור 7).



איור 6- השפעת תנאי סביבת הטיפול התרמי על מורפולוגיה החלקיקים. **איור 7**- השפעת סדר האיכול הכימי על מורפולוגיה החלקיקים.

חשיבות המחקר

שיטת הייצור החדשה שפותחה במחקר זה נמצאה יעילה, וניתן לעשות בה שימוש רחב לייצור זרזים של תגובות כימיות. הוספת הכסף לתערובת האוטקטית הובילה ליצירת נקוביות נוספות בחלקיקים והגדלת שטח הפנים שלהם, כך שהם יוכלו לתפקד כזרזים חסכוניים ויעילים יותר. בנוסף, ממצאי המחקר תרמו למציאת התנאים האופטימליים ליצירת החלקיקים. ניתן יהיה לבדוק פרמטרים נוספים המשפיעים על מורפולוגיה החלקיקים ולשם כך נדרש מחקר נוסף.

מטרת המחקר

מטרת המחקר הנוכחי היא לשכלל את שיטת הייצור שפותחה בטכניון על ידי הפחתת כמות הזהב בתערובת והוספת כסף על חשבון הזהב שהופחת. במחקר נבדקה השפעת הפרמטרים הבאים על המורפולוגיה הסופית של החלקיקים:

1. כמות הכסף שנוספה לתערובת.
2. תנאי הסביבה של הטיפול התרמי.
3. סדר האיכול של הגרמניום והכסף.

מתחרים

דנה באסה

ביה"ס

אורט פסגות, כרמיאל

מורה מלווה

גב' פאני אלקובי,

ד"ר אורנה עטאר,

גב' חגית אסף

מנחה

גב' לוטן פורטל,

פרופ' בועז פוקרוי, הטכניון

הנחיה מטעם התחרות

מר אדר לוי

